

---

## ANALISIS DISTRIBUSI WAKTU KERUSAKAN MESIN PADA LINI PRODUKSI CYLINDER COMP K-XX (STUDI KASUS : PT XYZ)

---

**Gidion Karo-Karo<sup>1</sup>, Panca Jodiawan**  
E-mail: [gidion@sansico.com](mailto:gidion@sansico.com)<sup>1</sup>

---

### Penulis

**Gidion Karo-karo** adalah dosen tetap program studi Teknik Industri Universitas Bunda Mulia. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Industri dan melanjutkan pendidikan Master pada departemen *Mechanical Engineering & Transportation System* di Technical University, Berlin, Jerman.  
Bidang Peminatan: Manajemen & Psikologi Industri, Perancangan & Pengembangan Produk

---

### Abstract

*Technologies development has led industries to the usage of machinery. It certainly will give more output to increase responsiveness of customers' demand. However, as a machine has a lot of advantages, it will also bear some disadvantages which one of them is downtime issue. A big amount of downtime in a machine will decrease the production overall efficiency. Efforts have been made since a long time ago to overcome downtime issue which one of them that is frequently used is preventive maintenance. Preventive maintenance planning can be implemented if reliability assessment has been made on the related machine, so the preventive maintenance interval can be determined. At XYZ's corporation, there are two machines which were determined as the object for these report, RB037 and HO012P. Time Between Failure (TBF) of RB037 follows normal distribution with mean equals to 171,22, standard deviation equals to 107,003, and has an increasing hazard rate. In the other side, HO012P follows weibull distribution with shape characteristics equals to 3,067 and scale characteristics equals to 577,96 and has an increasing hazard rate too. Between these two machines, RB037 has bigger hazard rate than HO012P, so further preventive maintenance should be planned well.*

---

### Keywords

*Downtime, Preventive Maintenance, Reliability.*

### 1. PENDAHULUAN

Sejak dari waktu yang cukup lama, industri telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. Perubahan – perubahan banyak terjadi diantara setiap era perkembangan industri. Salah satu perubahan tersebut adalah penggunaan sumber daya. Pada awalnya, manusia menjadi salah satu pemegang peran utama dalam produktivitas sebelum munculnya berbagai mesin yang kemudian digunakan sebagai sumber daya yang dikendalikan manusia ataupun mesin yang dijadikan sebagai operator pengganti kerja manusia seutuhnya. Perkembangan ini tentu membawa peningkatan pada produktivitas pada industri yang terkait sebagai bentuk strategi persaingan antar industri yang sama.

Demikian juga yang terjadi dengan PT XYZ, salah satu perusahaan manufaktur berbagai jenis sepeda motor di Indonesia. Sebagai perusahaan manufaktur sepeda motor terbesar, banyak sumber daya mesin yang digunakan sebagai alat produksi utama yang menghasilkan baik part – part mesin, subassembly sepeda motor, maupun assembly unit motor. Alasan utama penggunaan sumber daya mesin tentunya adalah waktu proses yang singkat sehingga mampu mencapai produksi yang diinginkan. Dengan adanya penggunaan sumber daya mesin yang digunakan saat ini, PT XYZ mampu melakukan produksi yang besar dengan kapasitas 5.300.000 unit / tahun.

Kebaikan – kebaikan yang dibawa oleh sumber daya mesin tentu membawa risiko dan tantangan yang baru untuk industri yang menggunakannya, termasuk PT XYZ. Setiap mesin yang dipakai memiliki waktu hidup (design life) yang berbeda – beda, demikian juga untuk setiap komponen yang membangun mesin tersebut. Oleh sebab itu, pada waktu – waktu tertentu mesin akan cenderung mengalami kegagalan dalam operasi yang akan menyebabkan penghentian produksi (downtime). Selain itu, kapasitas produksi cenderung akan tidak stabil karena ketidakmampuan mesin bekerja seutuhnya pada waktu yang diinginkan dan pada akhirnya, biaya yang dikeluarkan akan bertambah dan keuntungan yang hilang akan muncul akibat risiko tersebut, bahkan dapat membahayakan operator apabila terjadi kegagalan tertentu dalam kegiatan operasionalnya.

Pada awalnya, upaya yang umumnya dilakukan untuk menanggulangi permasalahan kegagalan tersebut adalah perbaikan yang disebut dengan istilah *corrective maintenance*, yaitu memperbaiki atau mengganti komponen setelah mengalami kegagalan. Menurut Wahjudi (2000), tindakan yang dilakukan tersebut tetap merugikan karena perbaikan dilakukan dengan menghentikan produksi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan tindakan pemeliharaan yang bersifat pencegahan untuk menghindari kerugian tersebut. Hal ini juga dinyatakan oleh Chouhan et. al. (2013) bahwa perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah salah satu cara yang paling penting dan efektif untuk meningkatkan ketersediaan mesin dalam suatu sistem produksi.

Permasalahan belum terselesaikan dengan adanya perawatan pencegahan yang diterapkan terhadap mesin – mesin dalam sistem produksi yang ada. Ada hal – hal yang terkait dengan perawatan pencegahan yang perlu diperhatikan pada saat melakukan penerapannya, diantaranya adalah interval perawatan preventif secara sempurna yang dikemukakan Ebeling (1997), interval perawatan preventif tidak sempurna yang dikemukakan oleh Zhou.et.al (2007), ataupun interval perawatan preventif dengan cara penggantian komponen seperti yang dikemukakan oleh Jardine (1973). Dengan adanya perawatan preventif berkala, maka probabilitas kegagalan atas suatu komponen atau peralatan akan menurun.

Penerapan model perawatan preventif dapat dilakukan apabila telah dilakukan terlebih dahulu analisis distribusi data waktu kerusakan komponen atau peralatan. Oleh sebab itu, analisis distribusi data waktu kerusakan adalah aktivitas yang penting dalam melakukan penjadwalan perawatan preventif. Kemudian, untuk menerapkan berbagai hasil penelitian model perawatan preventif yang telah ditulis sebelumnya, hal yang mutlak diperlukan adalah objek penelitian berupa sistem yang terdiri atas beberapa mesin produksi. Oleh sebab itu, diantara lini produksi yang terdapat pada PT XYZ Departemen Machining, lini yang terpilih adalah lini produksi jenis Cylinder Comp.

Pemilihan lini produksi Cylinder Comp didasarkan pada tingkat downtime tertinggi yang terjadi dari bulan Januari 2015 – Agustus 2015. Tentunya, dasar penentuan lini dikarenakan oleh downtime yang tinggi mengindikasikan biaya perbaikan mesin yang cukup besar. Kemudian, diantara setiap lini produksi

Cylinder Comp yang ada, lini motor tipe K-XX ditetapkan sebagai objek observasi karena potensi kerugian lebih besar apabila kegagalan terjadi dibandingkan dengan jenis motor lainnya apabila produksi tidak berjalan sesuai dengan kapasitas dan penjadwalan yang ada.

#### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi waktu kerusakan mesin – mesin yang terdapat di lini cylinder comp k-xx, mengetahui parameter dari distribusi teoritis kerusakan yang telah teridentifikasi dan mengetahui implikasi dari distribusi waktu kerusakan yang telah teridentifikasi dan parameternya terhadap karakteristik mesin yang dijadikan objek penelitian.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Definisi pemeliharaan industri dituliskan oleh beberapa sumber diantaranya Patrick (2001) dalam Widyaningsih (2011:8) dan Zilka (2014:209). Dari kedua sumber tersebut, definisi pemeliharaan industri dapat dituliskan sebagai bagian yang terintegrasi dengan berbagai jenis sistem produksi yang aktivitasnya meliputi penjagaan dan perbaikan fasilitas produksi. Kemudian, tujuan pemeliharaan industri dapat diketahui dari Patrick (2001) dalam Widyaningsih (2011:8) dan Caldeira & Guedes (2007:33), dimana salah satu tujuan utama pemeliharaan industri adalah meminimasi downtime akibat kerusakan yang tidak diinginkan.

Jenis – jenis pemeliharaan menurut Ebeling (1997:189) terbagi menjadi dua jenis, yaitu pemeliharaan reaktif dan proaktif. Menurut Kolodziejwski (2011:56), pemeliharaan proaktif terbagi lagi menjadi dua jenis, yaitu pemeliharaan preventif dan prediktif. Pemahaman mengenai pengertian pemeliharaan reaktif dan preventif dituliskan oleh o'Connor dan Kleyner (2012) dan pengertian prediktif dituliskan oleh Zilka (2014:210). Kemudian, kelebihan dan keterbatasan yang dimiliki masing – masing jenis pemeliharaan juga dituliskan oleh Zilka (2014:210) agar dapat memberikan pemahaman lebih dalam memilih tipe pemeliharaan.

Diantara ketiga jenis pemeliharaan yang ada, pemeliharaan preventif merupakan hal yang sangat umum untuk dilakukan dan memiliki potensi penghematan biaya apabila penentuan frekuensi pemeliharaan preventif dilakukan dengan tetap. Analisis untuk menentukan interval pemeliharaan preventif dapat menggunakan ilmu reliabilitas. Pemahaman mengenai definisi, fungsi, dan karakteristik dasar reliabilitas dapat dilihat pada Ebeling (1997:4) dan O'Connor & Kleyner (2012:1). Ilmu reliabilitas ini dapat menjadi alat analisis untuk kasus kerusakan yang terjadi yang tidak dapat diprediksi secara pasti (deterministik), namun lebih bersifat probabilistik karena kompleksitas sistem (Ebeling, 1997:4).

Kasus kerusakan probabilistik pada umumnya mengikuti kurva bathup, dimana kurva ini membagi jenis kerusakan menjadi tiga bagian penting berdasarkan laju kerusakannya. Ketiga bagian ini adalah decreasing hazard rate failure, constant hazard rate failure, dan increasing hazard rate failure (Ebeling, 1997:31). Ebeling (1997) juga mendeskripsikan bahwa dari ketiga jenis laju kerusakan tersebut, pengelompokkan berdasarkan distribusi statistik dapat dibagi menjadi dua, yaitu independent failure rate dan time dependent failure rate.

Selain analisis reliabilitas, terdapat hal lain yang perlu dipertimbangkan untuk penentuan interval pemeliharaan, yaitu apakah pemeliharaan membawa keadaan sistem menjadi baru seperti semula atau tidak. Kondisi sistem yang

menjadi baru seperti semula dapat dimodelkan dengan teori pembaharuan. Dalam Ross (1983:55) mendeskripsikan karakteristik mengenai teori pembaharuan dan Ebeling (1997:194) memberikan penjelasan mengenai penerapannya untuk menghitung jumlah kerusakan. Ebeling (1997:199) juga memberikan penjelasan mengenai teori perbaikan minimal yang digunakan pada saat pemeliharaan tidak membawa sistem pada keadaan seperti semula. Untuk mengetahui apakah pemeliharaan mengikuti teori pembaharuan atau teori perbaikan minimal, maka perlu dilakukan uji trend (Louit.et.al, 2009:1621).

### 3. METODE PENELITIAN

#### Pembatasan Masalah Penelitian

Penelitian hanya dilakukan terhadap lini produksi cylinder comp k-xx PT XYZ. Pembatasan dilakukan berdasarkan jumlah downtime tertinggi selama Januari sampai Juli 2015. Dengan menganalisis lini produksi dengan downtime tertinggi, maka manajemen mampu melakukan tindakan selanjutnya untuk mengurangi downtime pada lini produksi tersebut.

Kerusakan yang dialami mesin – mesin diasumsikan bersifat probabilistik karena sistem cukup kompleks. Oleh sebab itu, analisis reliabilitas dapat diterapkan pada waktu antar kerusakan yang dialami mesin – mesin pada lini produksi cylinder comp k-xx. Distribusi waktu kerusakan yang digunakan untuk keperluan analisis mengikuti Ebeling (1997), yang terdiri atas distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi weibull, dan distribusi lognormal.

Terdapat dua jenis analisis tren, yaitu analisis statistik dan analisis grafik. Pada penelitian ini, analisis menggunakan grafik karena memberikan gambaran yang cukup jelas dan proses yang cukup mudah untuk dibuat.

#### Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan pada PT XYZ dengan cara mengidentifikasi proses yang terdapat pada lini produksi cylinder comp k-xx, mendaftarkan mesin yang digunakan pada lini produksi terkait, dan memahami bagaimana mesin tersebut melakukan proses manufaktur tersebut.

#### Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang diperoleh merupakan data sekunder yang didapatkan dari database departemen pemeliharaan PT XYZ. Hanya, diantara mesin-mesin yang terdapat di lini produksi cylinder comp k-xx, departemen pemeliharaan hanya memberikan data dari dua jenis mesin, yaitu HO012P dan RB037. Selain itu, wawancara dilakukan untuk memperjelas data sekunder yang diperoleh.

Setelah data diperoleh maka pengolahan data dilakukan dengan menggunakan analisis tren, kemudian menggunakan software statistik untuk mencocokkan data waktu antar kerusakan yang didapatkan dari kedua jenis mesin dengan distribusi statistik teoritis yang telah disebutkan pada tahap pembatasan masalah penelitian.

#### Analisis Hasil

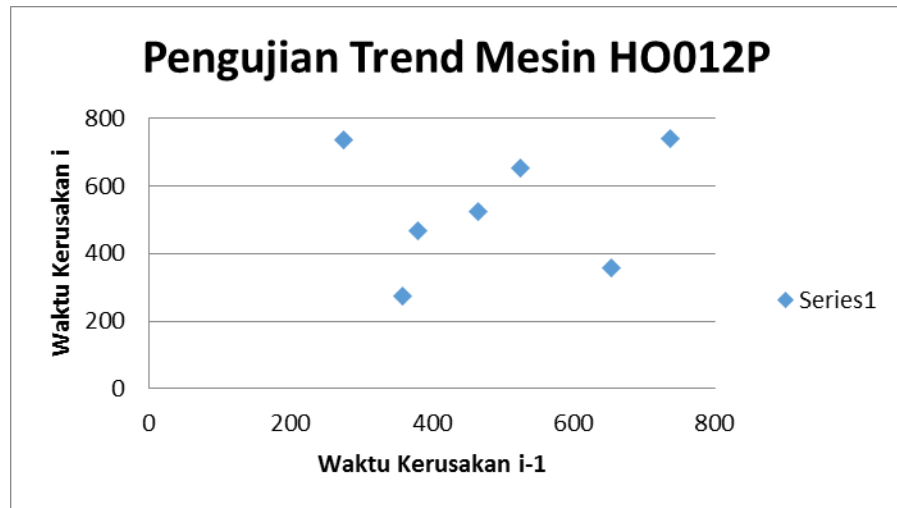
Analisis dilakukan terhadap perolehan software statistik sehingga didapatkan pemahaman terhadap arti dari parameter yang muncul dari distribusi statistik yang telah dicocokkan pada kedua jenis mesin tersebut. Kemudian, dari hasil analisis masing – masing mesin dibandingkan untuk mengetahui mesin apa yang memiliki performa yang lebih baik.

#### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

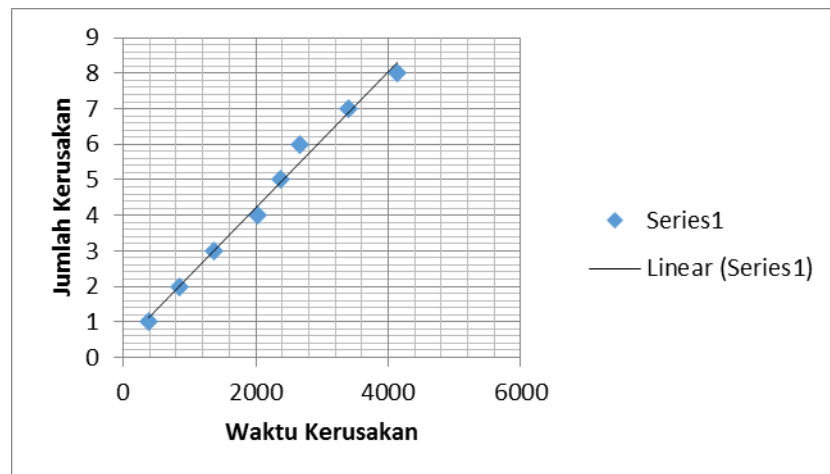
##### Analisis Tren

Analisis tren dilakukan dikarenakan jenis data waktu kerusakan memiliki kemungkinan mengikuti salah satu dari jenis proses stokastik yang telah dijelaskan pada bab dua, yaitu proses perbaikan minimal. Pengujian tren yang digunakan dalam laporan kerja praktik ini berbasikan grafik. Gambar 3.1 sampai 3.4 merupakan hasil analisis tren dari kedua jenis mesin.

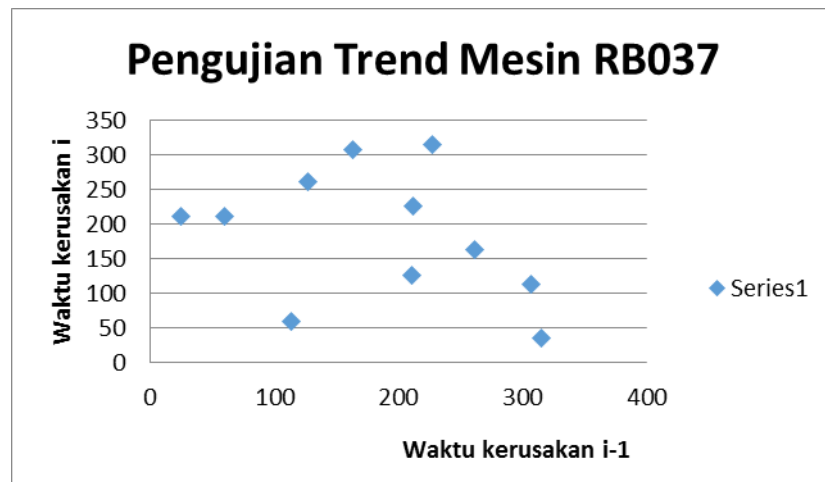
Analisis tren pertama dilakukan dengan cara menempatkan waktu kerusakan  $i$  pada sumbu  $y$  dan waktu kerusakan  $i-1$  pada sumbu  $x$ . Data waktu kerusakan dikatakan memiliki tren apabila penyebaran titik hanya terpusat pada satu daerah. Berdasarkan gambar 3.1, penyebaran titik tidak terpusat pada daerah tertentu sehingga berdasarkan analisis tren pertama, data waktu kerusakan HO012P dikatakan tidak memiliki tren tertentu.



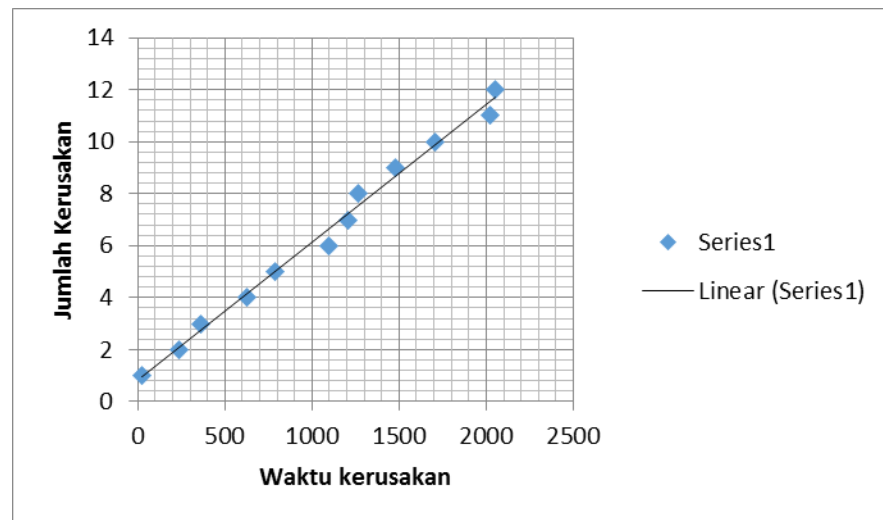
**Gambar 1.** Analisis Tren Pertama Mesin HO012P



**Gambar 2.** Analisis Tren Kedua Mesin HO012P



**Gambar 3.** Analisis Tren Pertama Mesin RB037



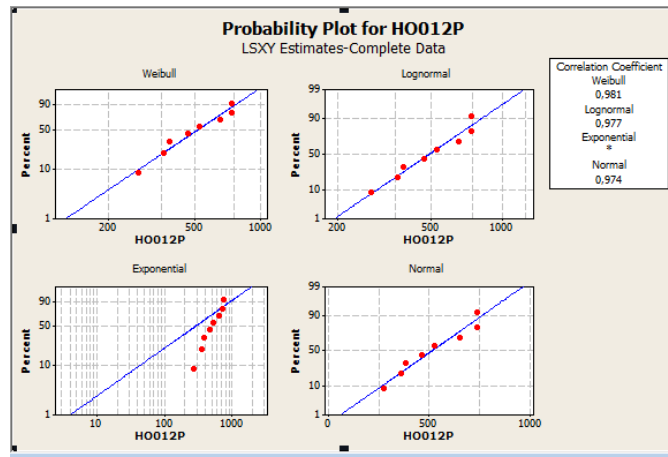
**Gambar 4.** Analisis Tren Kedua Mesin RB037

Setelah analisis tren pertama, dilakukan analisis tren kedua dengan cara menempatkan waktu kerusakan kumulatif pada sumbu x dan jumlah kerusakan pada sumbu y. Data waktu kerusakan dikatakan memiliki tren apabila susunan titik tidak linier. Berdasarkan gambar 3.2, titik – titik yang melambangkan jumlah kerusakan di-plot-kan mendekati linier, sehingga dapat disimpulkan berdasarkan analisis tren pertama dan kedua, data waktu kerusakan HO012P dikatakan tidak memiliki tren tertentu. Hal ini berarti pendekatan *renewal processes* untuk uji distribusi data dapat digunakan pada data waktu kerusakan HO012P.

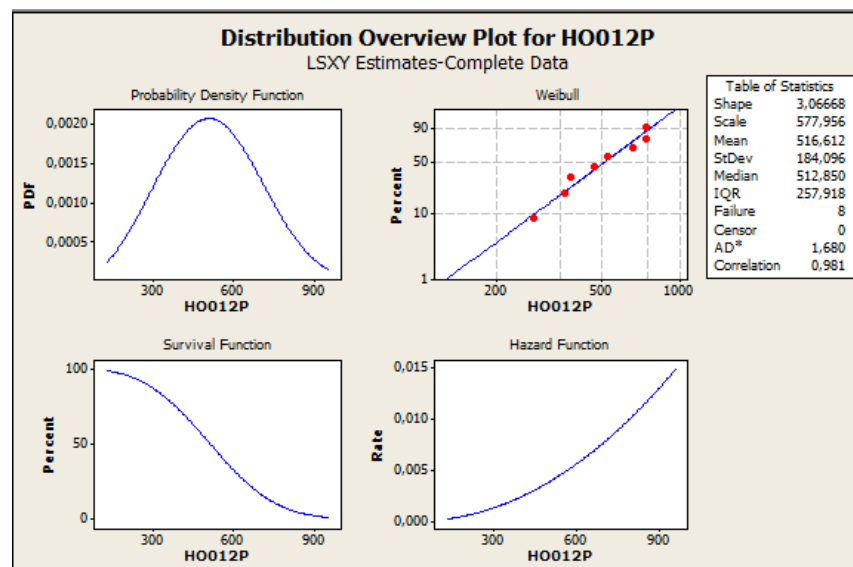
Berdasarkan analisis tren pertama pada gambar 3.3, data waktu kerusakan mesin RB037 tidak berkumpul pada satu daerah melainkan menyebar, oleh sebab itu dapat disimpulkan data waktu kerusakan mesin RB037 tidak memiliki tren. Hasil ini diperkuat dengan analisis tren kedua pada gambar 3.4, titik – titik yang melambangkan jumlah kerusakan berdasarkan waktu kerusakan kumulatif tersusun mendekati linier. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa data waktu kerusakan mesin RB037 tidak memiliki tren dan mengikuti *renewal process*.

### Analisis Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Setelah melakukan analisis tren, maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah melihat distribusi waktu kerusakan yang dimiliki mesin berdasarkan data histori yang telah diberikan. Gambar 3.5 sampai 3.8 adalah hasil pengujian distribusi waktu kerusakan kedua mesin.



Gambar 5. Analisis Distribusi Waktu Kerusakan Mesin HO012P

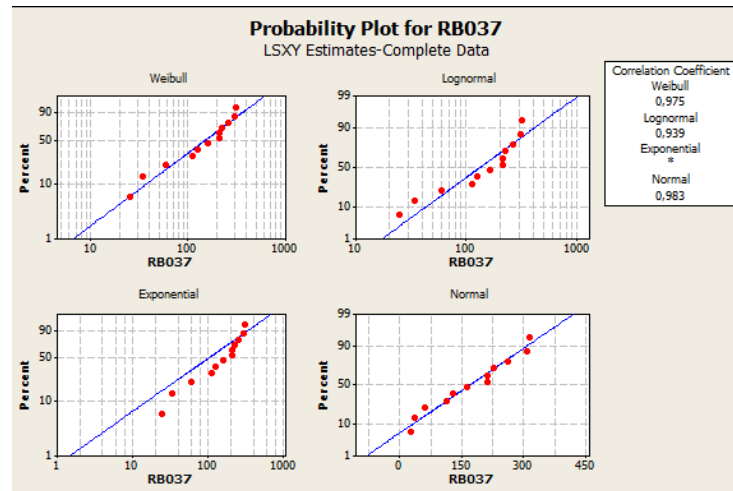


Gambar 6. Parameter Distribusi Weibull Data Waktu Kerusakan Mesin HO012P

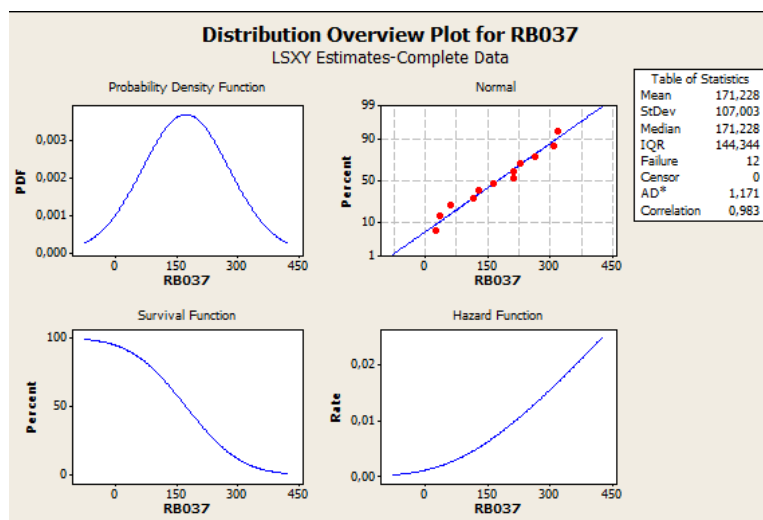
Berdasarkan analisis distribusi waktu kerusakan dengan menggunakan software, maka didapatkan koefisien korelasi dan *probability plot* untuk keempat distribusi yang umumnya digunakan untuk distribusi waktu kerusakan, yaitu weibull, normal, lognormal, dan eksponensial. Berdasarkan koefisien korelasi, distribusi yang paling mendekati adalah distribusi weibull dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,981. Dengan demikian, penentuan parameter dilakukan dengan distribusi weibull. Gambar 3.6 adalah hasil parameter distribusi weibull mesin HO012P.

Parameter khusus yang terdapat pada distribusi weibull adalah *shape* dan *scale*. Berdasarkan gambar 4.10, nilai *shape* distribusi weibull data waktu kerusakan mesin HO012P adalah 3,067. Nilai *shape* tentu mempengaruhi bentuk dari distribusi weibull. Terlihat pada gambar 3.5 bagian *probability density*

*function*, kurva yang digambarkan mendekati PDF distribusi normal sesuai dengan yang telah dijelaskan di landasan teori. Hal ini juga diperkuat dengan nilai kuantitatif mean dan median. Apabila nilai mean dan median sama, maka hal tersebut membuktikan bahwa distribusi tersebut normal. Dalam gambar 3.6, terlihat nilai mean sebesar 516,62 dan nilai median sebesar 512,85. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa distribusi waktu kerusakan mesin HO012P merupakan distribusi weibull yang mendekati distribusi normal. Parameter lain yang merupakan bagian penting dalam pengukuran kehandalan adalah *hazard rate*. *Hazard rate* pada data histori waktu kerusakan mesin HO012P bersifat *increasing*. Hal ini menandakan bahwa mesin HO012P mengalami gejala *wearout*.



**Gambar 7.** Analisis Distribusi Waktu Kerusakan Mesin RB037



**Gambar 8.** Parameter Distribusi Normal Data Waktu Kerusakan Mesin RB037

Berdasarkan analisis distribusi waktu kerusakan mesin RB037 yang terdapat pada gambar 3.7, maka disimpulkan bahwa distribusi teoritis yang paling mendekati adalah distribusi normal dengan koefisien korelasi 0,983. Dengan demikian, analisis selanjutnya mengenai parameter akan difokuskan pada distribusi normal. Gambar 3.8 adalah hasil analisis parameter distribusi normal data waktu kerusakan mesin RB037.



Parameter distribusi normal yang umumnya diperhatikan adalah nilai *mean* dan standar deviasi. Pada gambar 3.8 yang menjelaskan karakteristik distribusi normal pada waktu kerusakan mesin RB037 terdapat nilai mean sebesar 171,228 dan nilai standar deviasi sebesar 107,003. Nilai standar deviasi hampir 2/3 nilai mean. Hal ini dapat disebabkan dua kemungkinan, yaitu data kerusakan memang sangat bervariasi atau data yang dikumpulkan masih sedikit sehingga masih belum dapat menggambarkan keadaan nyata dari waktu kerusakan mesin RB037. Selain itu, sama seperti mesin HO012P yang memiliki *hazard rate* yang meningkat, demikian juga dengan mesin RB037. Namun demikian, HO012P memiliki peningkatan *hazard rate* yang tidak signifikan peningkatan *hazard rate* pada mesin RB037.

### Analisis Gabungan Kedua Jenis Mesin

Berdasarkan analisis data waktu kerusakan dua mesin yang menjadi objek penelitian, mesin HO012P memiliki distribusi weibull sedangkan mesin RB037 memiliki distribusi normal. Namun demikian, hasil akhir dari pendekatan distribusi waktu kerusakan ini bukanlah yang terbaik. Hal ini disebabkan karena terbatasnya data histori yang diberikan. Analisis ini menggunakan pendekatan statistik, oleh sebab itu, bila data histori yang dipakai semakin banyak, maka akan semakin menggambarkan keadaan sebenarnya dari waktu kerusakan mesin. Kemungkinan berubahnya jenis distribusi apabila data histori diperlengkap juga ada.

Kedua *hazard rate* yang dimiliki kedua jenis mesin berdasarkan analisis data waktu kerusakan ternyata bersifat sama, yaitu *increasing hazard rate*. Hanya saja, kecuraman grafik *hazard rate* mesin RB037 lebih besar dibandingkan dengan *hazard rate* mesin HO012P. Hal ini menandakan bahwa nilai kehandalan RB037 ditinjau dari penambahan usia mesin akan lebih rendah dibandingkan dengan mesin HO012P. Selain itu, nilai MTBF mesin RB037 juga lebih kecil dibandingkan mesin HO012P. Hal ini mengindikasikan bahwa mesin RB037 memiliki frekuensi kerusakan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mesin HO012P. Hal ini diperkuat dengan hasil peninjauan lapangan bagian pengendalian kualitas, bahwa pada lini produksi *cylinder comp* K-XX, khususnya mesin jenis robot, masih belum dapat dilakukan pengambilan Cp dan Cpk. Hal ini disebabkan karena mesin robot masih belum stabil sehingga produk yang dihasilkan masih dapat berubah-ubah dari sisi kualitasnya.

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil peninjauan dan analisis data lapangan selama kerja praktik di PT XYZ, maka kesimpulan yang dapat dibentuk adalah sebagai berikut.

1. Mesin HO012P memiliki TTF yang mengikuti distribusi teoritis weibull dan mesin RB037 memiliki TTF yang mengikuti distribusi teoritis normal.
2. Parameter khusus distribusi weibull yang dimiliki oleh data waktu kerusakan mesin HO012P adalah parameter bentuk dengan nilai sebesar 3,067 dan parameter scale dengan nilai sebesar 577,956. Kemudian, parameter khusus distribusi normal yang dimiliki oleh data waktu kerusakan mesin RB037 adalah parameter mean dengan nilai sebesar 171,228 dan parameter standar deviasi dengan nilai sebesar 107,003. Parameter lainnya adalah *hazard rate*, dimana kedua mesin ini, memiliki jenis *hazard rate* yang sama, yaitu *increasing hazard rate*.
3. Implikasi parameter bentuk yang dimiliki data waktu kerusakan mesin HO012P adalah pada bentuk kurva PDF. Dengan nilai parameter bentuk

sebesar 3,067, bentuk kurva PDF mendekati distribusi normal. Parameter scale disebut juga sebagai characteristic life karena semakin besar nilai parameter ini, maka nilai kehandalan akan semakin baik, demikian juga sebaliknya. Pada mesin RB037, parameter standar deviasi yang dimiliki ternyata besarnya mendekati  $2/3$  nilai parameter mean. Hal ini mengindikasikan bahwa walaupun data waktu kerusakan berdistribusi normal, namun sifatnya sangat variatif. Kemudian, increasing hazard rate pada kedua mesin mengindikasikan bahwa adanya fenomena wear out sehingga apabila terdapat aktivitas pemeliharaan preventif untuk kedua jenis mesin, maka penerapannya akan efektif untuk meningkatkan kehandalan mesin.

Saran yang dapat diberikan berhubung dengan kerja praktik yang telah dilakukan di PT XYZ adalah sebagai berikut.

1. Membuat format form tertentu yang berhubungan dengan karakteristik kerusakan per mesin, sehingga mempermudah aktivitas penghitungan MTTF, MTTR, dan analisis lainnya
2. Apabila target manajemen pemeliharaan PT XYZ saat ini telah tercapai, maka perlu dilakukan perubahan pada target agar asas perbaikan berkelanjutan tetap

#### DAFTAR PUSTAKA

- Caldeira, Duarte Jose dan Soares Carlos Guedes. 2007. Optimization of the Preventive Maintenance Plan of a Series Components Systems with Weibull Hazard Function. RTA 3-4. Hal 33.
- Campbell, John D. dan Andrew K.S. Jardine. 2001. Maintenance Excellence Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions. New york: Marcell Dekker.
- Chouhan et.al. 2013. Implementing a Preventive Maintenance Planning Model on an Ageing and Deteriorating Production System. International Journal of Technology Innovations and Research Vol. 4. Hal 1 -24.
- Ebeling, Charles E. 1997. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Singapore: McGraw-Hill International Editions.
- Jardine, A.K.S. 1973. Maintenance, Replacement, and Reliability. Great Britain: Pitman Press.
- Kolodziejski, Marcin. 2011. Failure Finding Tasks in Reliability Centered Maintenance. Scientific Journals of Maritim University of Szczecin vol 28. Hal 53 – 59.
- Louit et.al. 2009. A Practical Procedure for The Selection of Time To Failure Models Based On The Assessment of Trends in Maintenance Data. Reliability Engineering and System Safety Vol. 94. Hal 1618 – 1628.
- Moghaddam, Kamran S. dan John S. Usher. 2010. Optimal Preventive Maintenance and Replacement Schedules with Variable Improvement Factor. Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 16 No. 3. Hal 271 – 287
- O'Connor, Patrick dan Andre Kleyner. 2012. Practical Reliability Engineering. United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Sari, Wenry Yuliana dan Yudha Prasetyawan. 2012. *Perancangan Kebijakan Perawatan dan Penentuan Persediaan Spare Part di Sub Sistem Evaporasi Pabrik Urea Kaltim – 3 PT Pupuk Kalimantan Timur*. Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1 (Sept. 2012).

- Walpole, Ronald E., Raymond H. Myers, Sharon L. Myers, dan Keying Ye. 2012. *Probability & Statistics for Engineers and Scientists* 9th ed. Boston : Prentice Hall.
- Widyaningsih, Sri Astuti. 2011. *Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan pada Mesin Produksi Bahan Bangunan untuk Meningkatkan Keandalan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Skripsi. Depok: Teknik Industri Universitas Indonesia.
- Zhou et. al. 2007. Reliability – centered predictive maintenance scheduling for a continuously monitored system subject to degradation. *Reliability Engineering and System Safety* Vol.92. Hal 530 – 534.
- Zilka, Ing. Miroslav. 2014. *Methodology for Selecting The Appropriate Maintenance Strategy for Production Machines*. 3rd Conference, Zenica, B&H, June 11 – 13.